

定在衝撃波動的構造形成の2次元MHD近似シミュレーション

レーション

*安藤 文彦 [1], 寺澤 敏夫 [1], 坪内 健 [2]

東京大学[1], 宇宙科学研究所[2]

Approximate 2D MHD Simulation for Dynamical Structure Formation at the Bow Shock

*Fumihiko Ando[1], Toshio Terasawa [1], Ken Tsubouchi [2]

Graduate School of Science, The University of Tokyo[1]

In recent observational works Tsubouchi has shown that Alfvénic fluctuations in the solar wind cause a large deformation of the bow shock surface shape, and that the velocity of the deforming surface is linearly correlated with the change of its normal vector. Intriguingly, he has further shown that when the surface velocity is sufficiently high the normal vector could point in the direction opposite to its nominal direction. We have attempted to study these his findings by utilizing an MHD simulation method: For effective numerical studies of such a dynamical problem at the bow shock, we have developed a 'soft-piston' method. The new method allows us to replace the originally 3D bow shock formation problem with an approximate 2D MHD problem.

磁気圏前面の定在衝撃波bow shockの構造は本質的な3次元MHD問題として決定される。(磁気圏の周りに太陽風磁力線が3次元形状を作るが、この形状は、磁場がradialである特殊な場合を除き、軸対称などの対称性を持たない。)そのような3次元の場の中で起きる興味深い現象に太陽風内の擾乱とbow shockの相互作用がある。Tsubouchi(1999、東京大学博士論文)が示したように、太陽風に乗って衝撃波に到達する擾乱(アルフェン波の場合を想定)により衝撃波面が変形を受けるが、衝撃波の移動速度と変形した波面の法線方向には簡単な線型関係がある。さらに、移動速度が速く変形が甚だしい場合には、局所的な衝撃波法線ベクトルのx成分が負、すなわち衝撃波面が部分的に太陽に背を向ける可能性がある。我々はこのTsubouchiの問題の数値実験による検討を計画・実行中である。

我々のアプローチは次のようなものである:大規模な3次元MHD計算を行う代わりに、効率的な2次元MHD + ソフトピストン法による近似計算を行う。ソフトピストン法とは、通常の「硬い」ピストン法における壁面での完全反射境界条件に代わり、境界近くの任意の領域に仮想的な摩擦力

- ($V - V_p$)を与える方法である。ここに μ は摩擦係数、 V は流速、 V_p は予め与えたピストンの速度(可変)である。ソフトピストン法の効果として、例えば1次元問題の場合には、 V_p を調整することにより観測者の座標系における衝撃波の伝搬速度を遅くし、シミュレーション系内での衝撃波の滞在時間を硬いピストン法によるものに比べ大幅に延長することができる。(似た試みに1次元ハイブリッド系におけるBennett and Ellisonの結果がある: JGR, vol. 100, 3439-48, 1995参照)。3次元本来の解では衝撃波通過後の太陽風流は磁気圏の周りを避けて流れるが、2次元近似計算においては「磁気圏」をその形状を模したソフトピストン領域で置き換え、太陽風流はそこを吹き抜けるとする。そして、ソフトピストンの持つ速度場 V_p の座標依存性を調整して、2次元衝撃波形状に3次元解の形状を近似させる。近似解が定常に達した後、太陽風流に上流から擾乱を与え、衝撃波面形状の応答を観測する。